

Obradoiro 5G



Exploraremos o uso de Open5GS en formación profesional con distintos tipos de eNB/gNB, dende equipos comerciais como Baicells ata solucións con SDR. Presentarase un laboratorio portátil de radio baseado en Proxmox e SDR (Software Defined Radio), capaz de executar srsRAN e GNURadio Companion. Tamén trataremos o uso de tarxetas SIM programables e as limitacións atopadas na integración de servizos.

Materiais relacionados: <https://danielrios.me/apuntes/2425ir5G/>

Z2402129 - **Xornadas de electricidade e electrónica 2024-2025**

Situación de partida

Electricidade e electrónica				
Código	Curso de especialización	Perfil	Oferta	RD
EZELE005000	Implementación de redes 5G			

Cales son os módulos?

Curso	Código	Módulo profesional	Horas	Períodos semanais
1º	MP5053	Implementación de redes 5G	198	20
1º	MP5054	Mantemento de infraestruturas e redes 5G	102	10

Situación de partida



$CFGM \leq \text{nivel} \leq CFGS$

Situación de partida

Propósito: instalar, configurar e manter equipos comerciais (COTS: Commercial Off-The-Shelf)



```
-bash
[~]$ moshell 3GD_Test_180310_1531086_R12G39_dcgm.zip
#####
# Welcome to MoShell 20.0c (LPA108514/1_R20C) #
# Finn Magnusson, Jan Pettersson #
# http://newtran01.au.ao.ericsson.se/moshell #
# Contact: Finn.Magnusson@ericsson.com #
# Joakim.xo.Ostlund@ericsson.com #
#####
Copyright (c) Ericsson AB 2001-2020 - All Rights Reserved
```

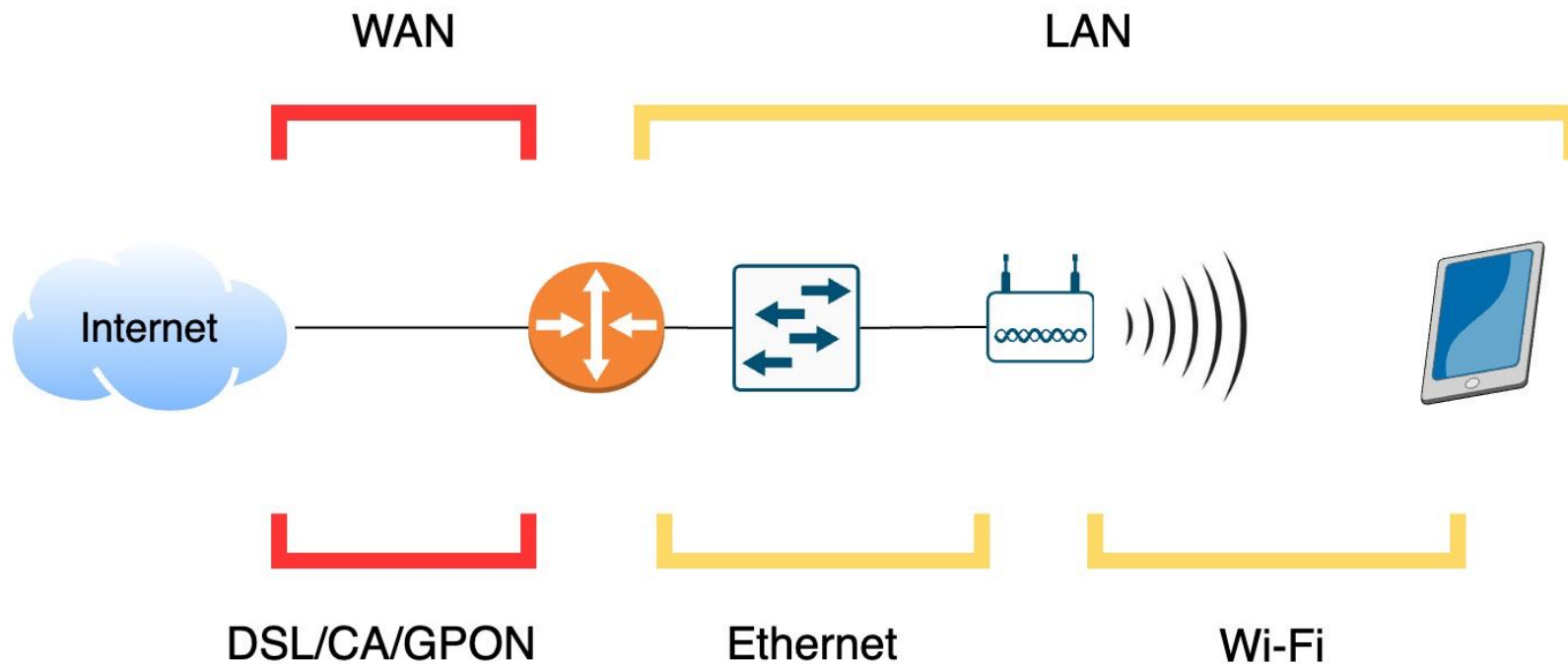
Problemas: non existe mercado minorista. Desinterese dos fabricantes. Software privativo. Licenzas. Documentación caótica...

Revelación



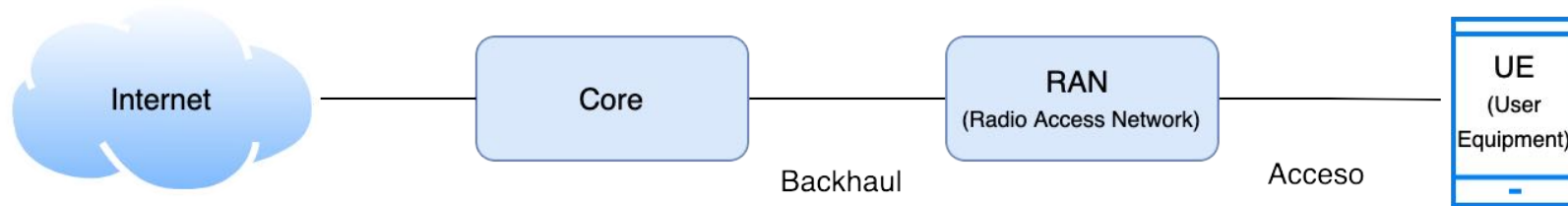
The Rolling Stones en 1968

Arquitectura dunha rede LAN + acceso a Internet



Arquitectura de red móvil WWAN

- Core: servidores (bases datos, VoIP, SMS, facturación, límites de datos, lista negra...)
- RAN: estaciones base (última milla).



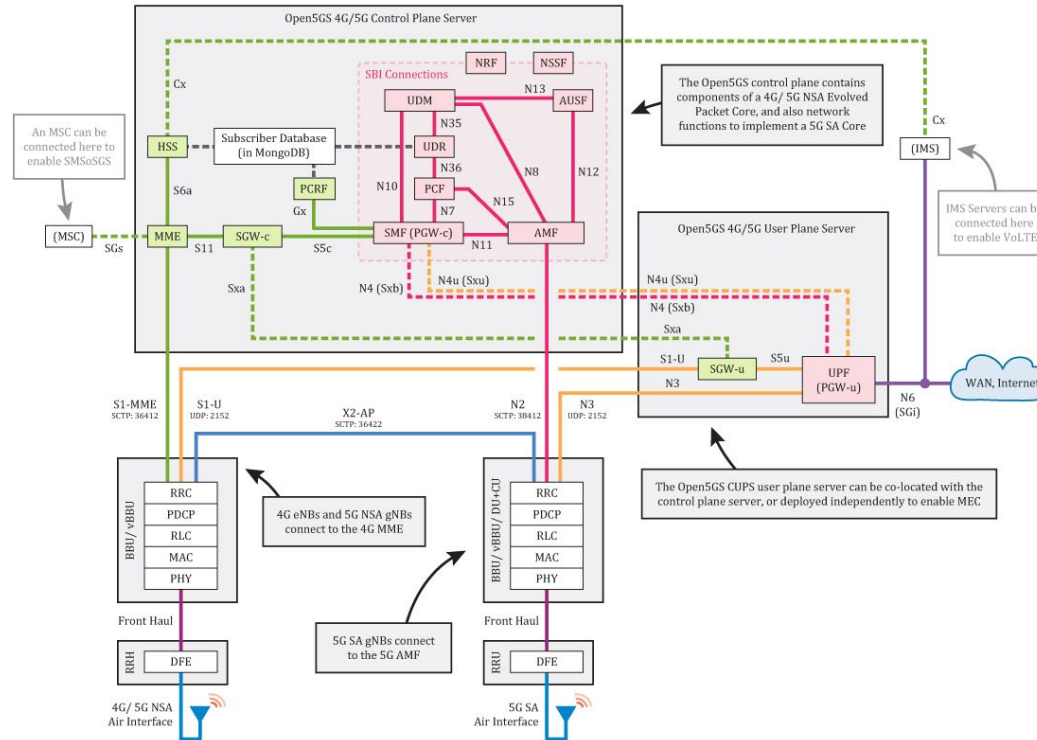
A parte de CORE con Open5GS, Free5GC, Magma: <https://open5gs.org/open5gs/docs/guide/01-quickstart/>

Vídeo instalación: <https://youtu.be/p7GEdTqRB0>

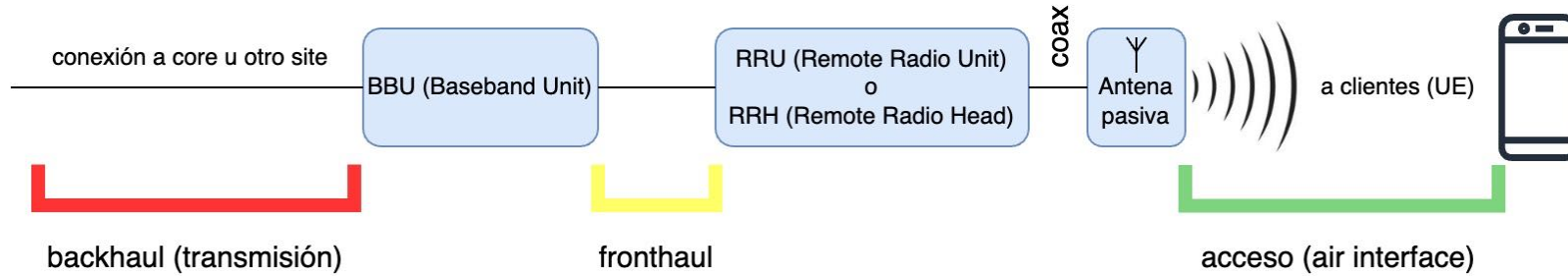


A parte VoIP require Kamailio Open IMS Core.

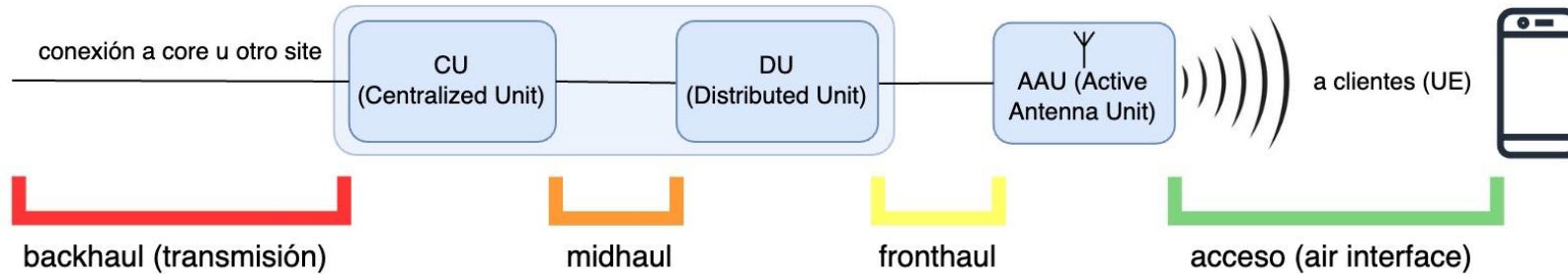
Arquitectura de rede móbil - CORE network



Arquitectura de red móvil - Radio Access Network



RAN 2G-5G tradicional



RAN 5G con AAU e massive MIMO

Casos de uso da rede 5G

Segmentación. O core 5G permite dividir a rede en “**network slices**”. Unha **slice** é unha rede virtual independente. Varias *slices* poden coexistir sobre unha única infraestrutura física de 5G.



<https://bandaancha.eu/articulos/movistar-presenta-smart-mobile-datos-10808>

*Rápido e mal: as redes 5G se poden segmentar en “VLAN” con colas QoS que regulan **BW e latencia**.*

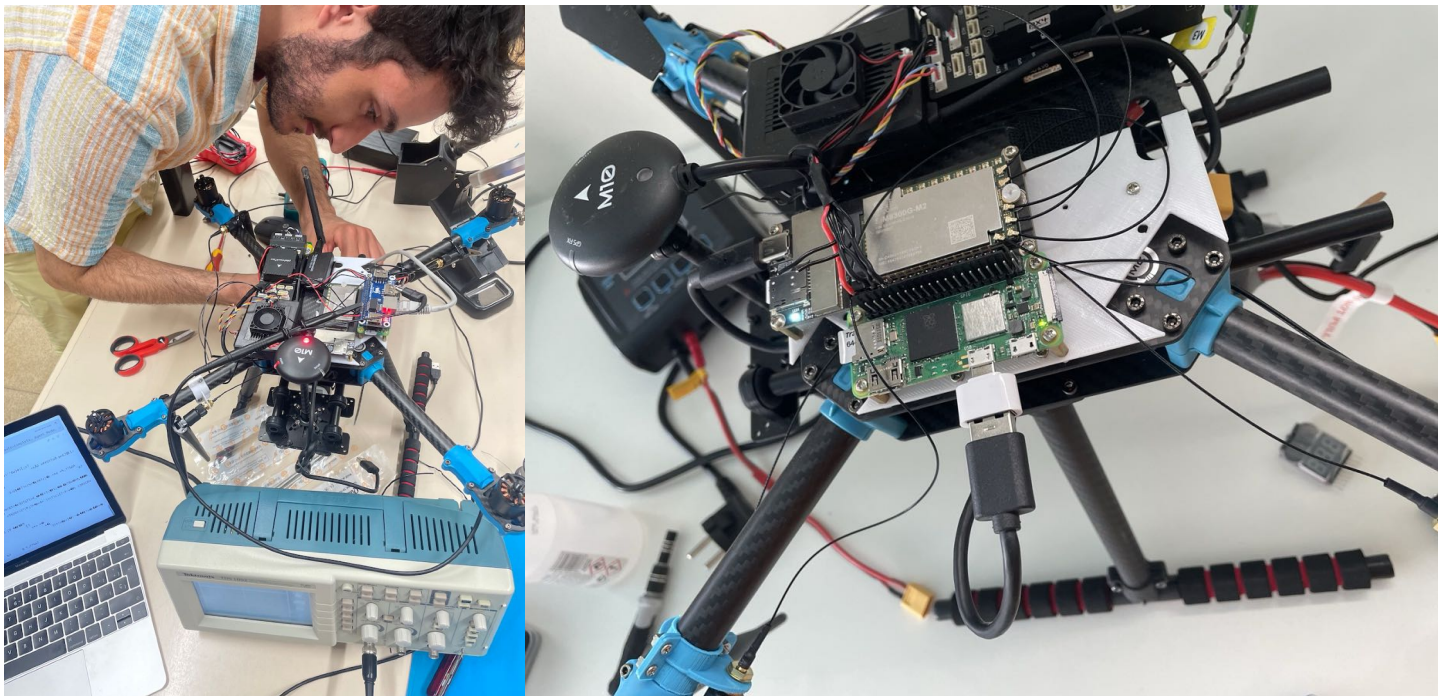
Casos de uso da rede 5G



Servizos documentados pola 3GPP para asociar a **slices** específicas:

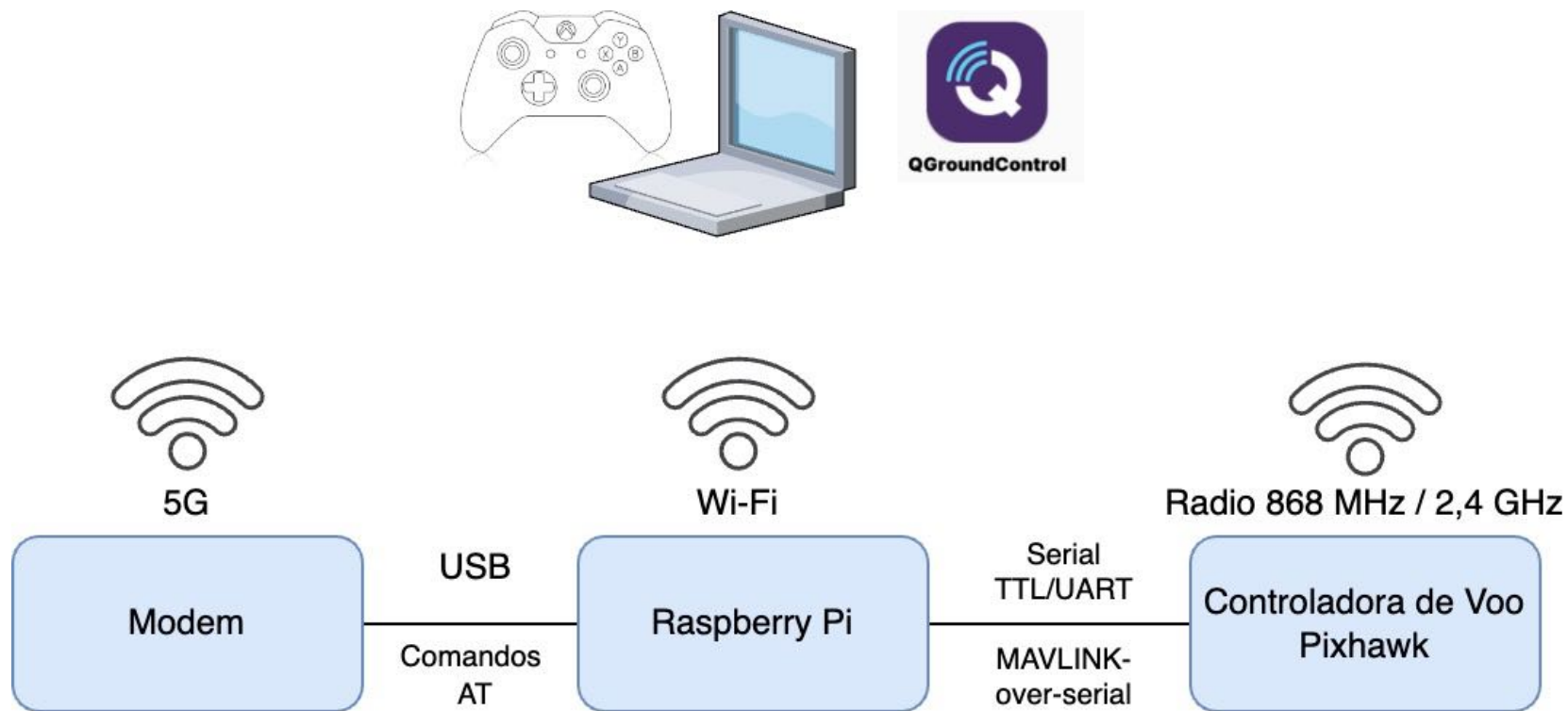
- **Banda larga móbil (eMBB: *enhanced Mobile Broadband*)**: teléfonos móbiles, cámaras de seguridade, AR/VR en eventos...
- **Baixa latencia (uRLLC: *ultra-Reliable Low Latency Communications*)**: ciruxía en remoto, control de procesos industriais críticos, drons en industria
- **Internet das cousas (mMTC: *massive Machine-Type Communications*)**: smart cities, agricultura intelixente, detección de incendios forestais...
- **Mobilidade conectada (V2X: *Vehicle-to-Everything*)**: vehículos autónomos, drons de reparto que negocian paso con outros drons ou vehículos autónomos.

Casos de uso da rede 5G - Drons (UAS)

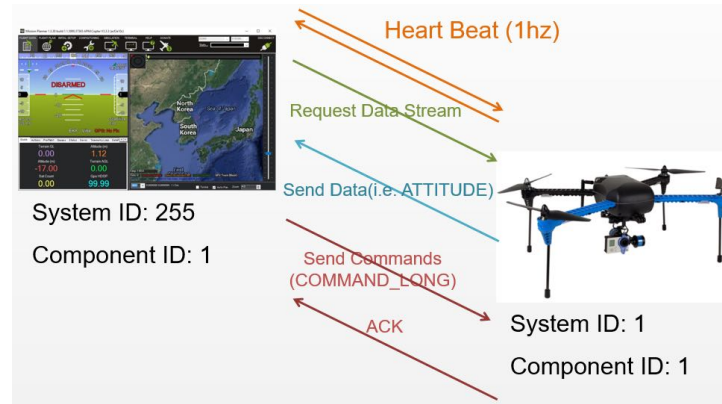


Ver electrónica MÍNIMA (controladora de voo): https://www.instagram.com/reel/DATZ_WzsBM0/

Casos de uso da rede 5G - Drons (UAS)



Casos de uso da rede 5G - Drons (UAS)



Acceso 5G: pila de protocolos **MAVLink-over-IP**.

- L3:
 - IP pública (€€€)
 - cliente VPN conectado a servidor en IP pública (latencia ↑↑↑)
- L4: porto 14550 (UDP ou TCP).

A rede debe ter unha densidade de celdas tal que permita un correcto traspaso (**handover/handoff**).

Casos de uso da rede 5G - Drons (UAS)



ANTENNAS BANDS FUNCTIONS			ANT0	ANT1	ANT2	ANT3	ANT4	ANT5
GNSS			R					
5G	n79	DIV						
3G/4G/5G	MHB	DL-MIMO2						
4G	LAA	DL-MIMO1		R				
4G/5G	UHB/n77/n78/n79	TRX						
5G	n41	DIV						
3G/4G/5G	MHB/UHB/n77/n78	UL/DL-MIMO1						
4G	LAA	PRX			R			
5G	n41	TRX						
4G/5G	UHB/LAA/n77/n78	DL-MIMO2				R		
3G/4G/5G	LB/MHB	TRX						
4G/5G	UHB/LAA/n77/n78	DIV						
5G	n41	UL/DL-MIMO1						
5G	n79	DL-MIMO2						
3G/4G/5G	LB/n79	UL/DL-MIMO1						
3G/4G/5G	MHB	DIV						R
5G	n41	DL-MIMO2						

Modem [SIMCOM SIM8300G](#) tem **6 antenas!!!** Para que? MIMO dependendo de xeración e banda de frecuencia... máis ou menos.

Soporta a banda mmWave (26 GHz) usando 8 antenas máis.

[SIM8300G M2 Antenna Port Mapping and Design Guide](#)

Casos de uso da rede 5G - Drons (UAS)



- Plataforma aberta de desenvolvimento Holybro X500 con motores e electrónica: ~500 €
- Bateria: ~70 €
- Mando de consola para usar de emisora: ~40 €
- Modem 5G SIMCOM 8200 ~180 €
- Raspberry Pi Zero 2 ~70 €
- Antenas SMA (macho) + latiguillos MHF4 a SMA (femia) ~20 €

Casos de uso da rede 5G - Modem banda estreita para horto hidropónico

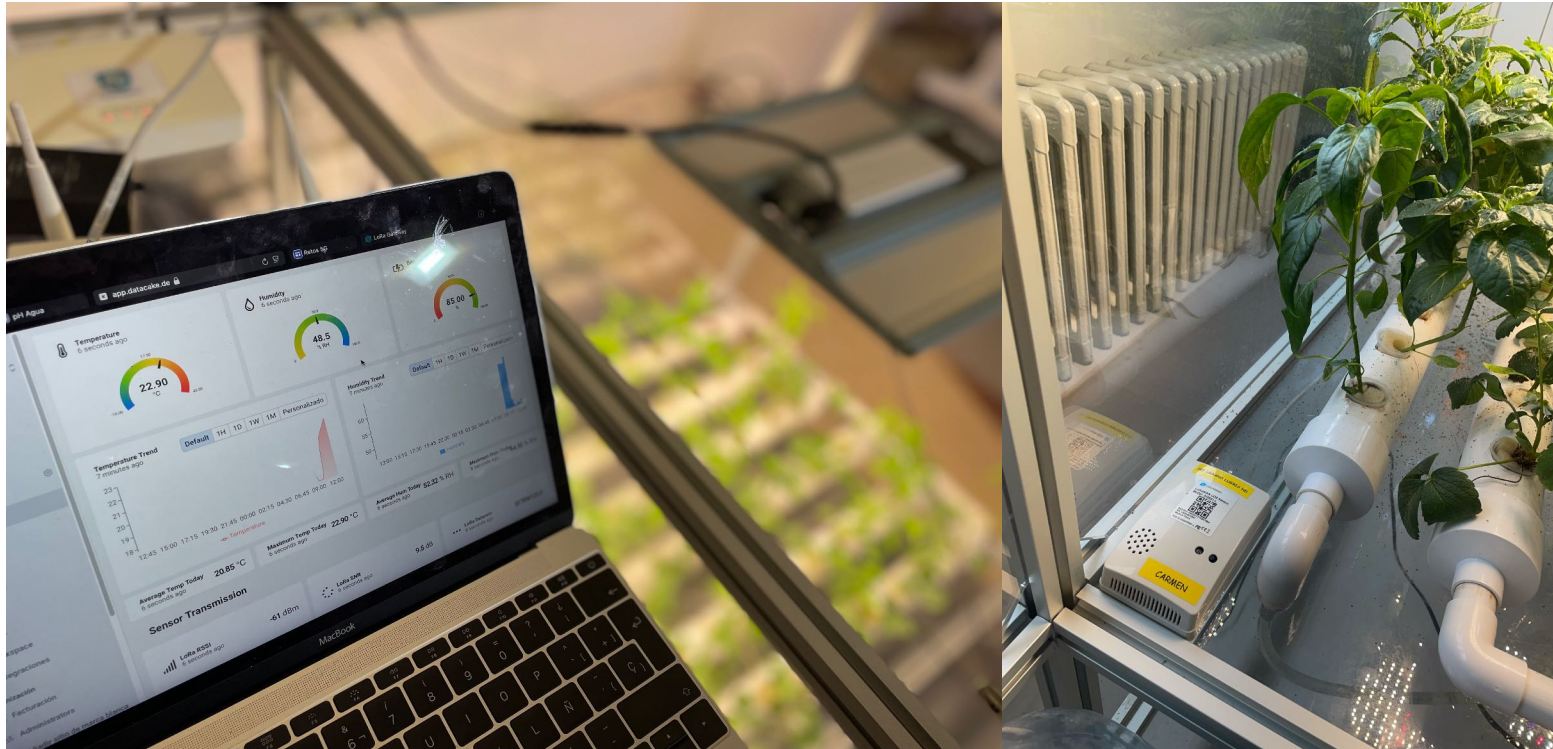


Casos de uso da rede 5G - Modem banda estreita para horto hidropónico



Vídeo fabricação: <https://www.instagram.com/reel/DHqLR8JSEWE/>

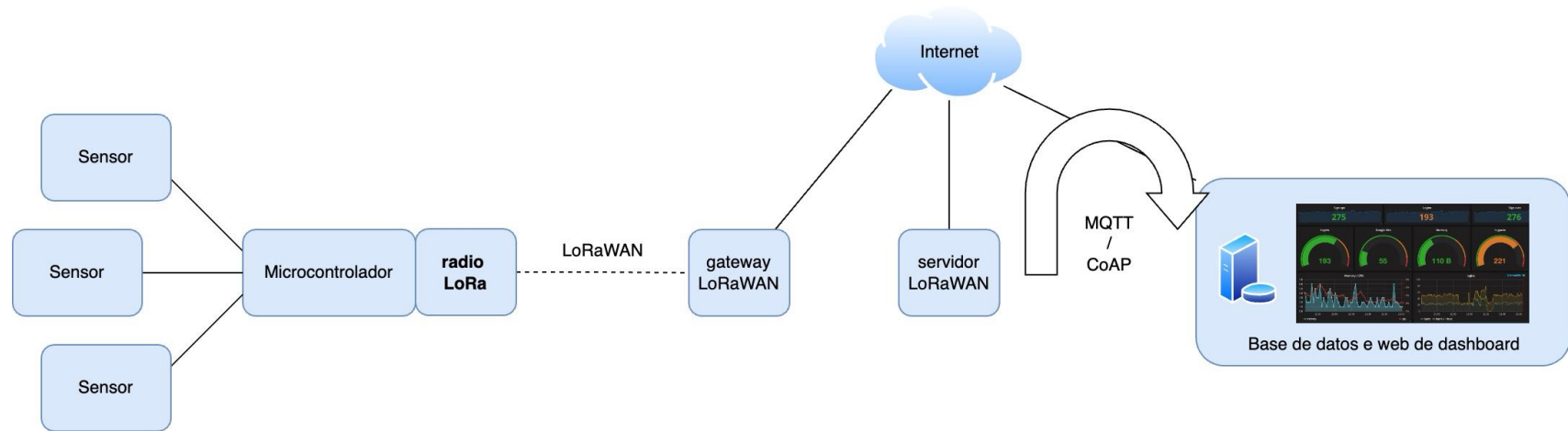
Casos de uso da rede 5G - Modem banda estreita para horto hidropônico



Casos de uso da rede 5G - Modem banda estreita para horto hidropónico

Sistema IoT baseado em LoRaWAN:

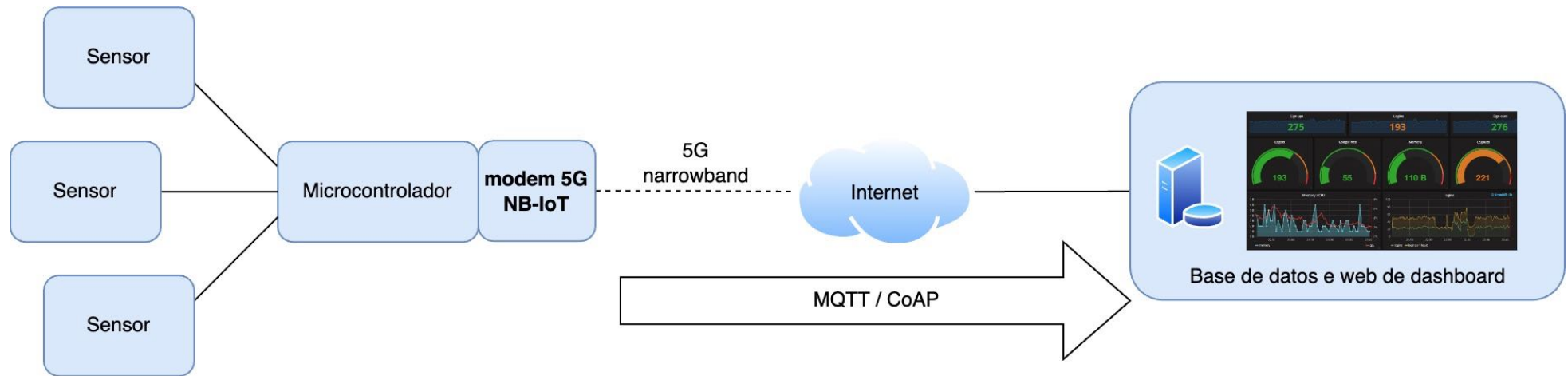
- O microcontrolador envia as medidas dos sensores a unha radio LoRa.
- Un gateway cercano (ata 3~10km) recibe a información e a reenvía a un servidor LoRaWAN público (TTN) ou privado (Chirpstack).
- O servidor LoRaWAN reenvía os datos a outros servidores usando protocolos estándar de L7 (MQTT).



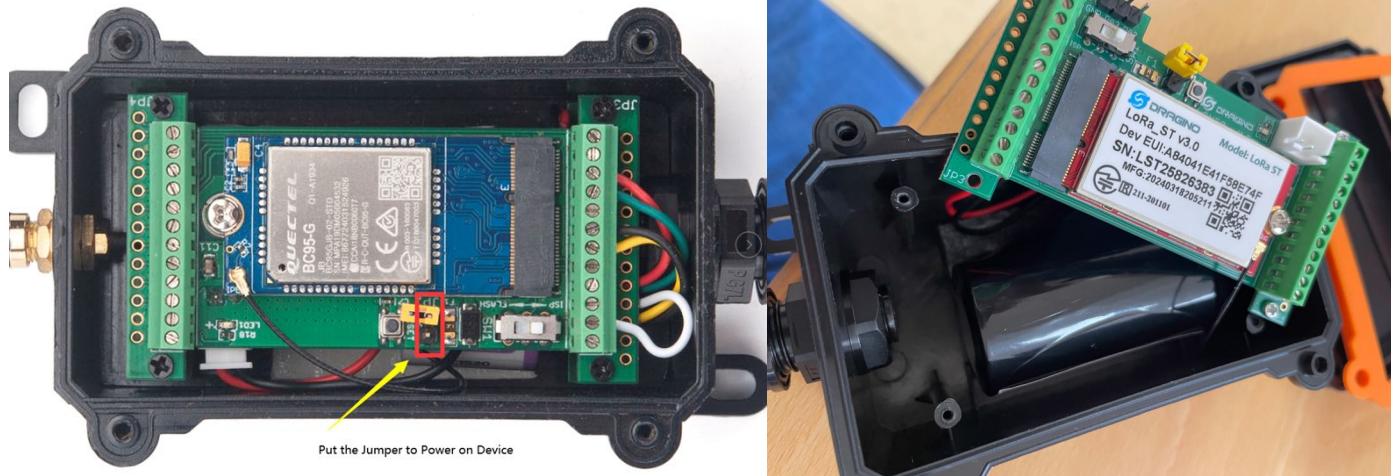
Casos de uso da rede 5G - Modem banda estreita para horto hidropónico

Sistema **IoT baseado em 5G** (*slice mMTC*: latencia ↑, capacidade ↑, bw ↓):

- O microcontrolador envia as medidas dos sensores a um modem 5G com **NB-IoT** ou LTE CAT M1 e tarxeta SIM M2M (Machine to Machine), pensada para flotas e baixo custo.
- Os datos saen directamente do microcontrolador en protocolos estándar de L7 (MQTT, CoAP).
Opcionalmente: poden chegar cifrados desde o MCU ata o outro extremo onde se almacenan.

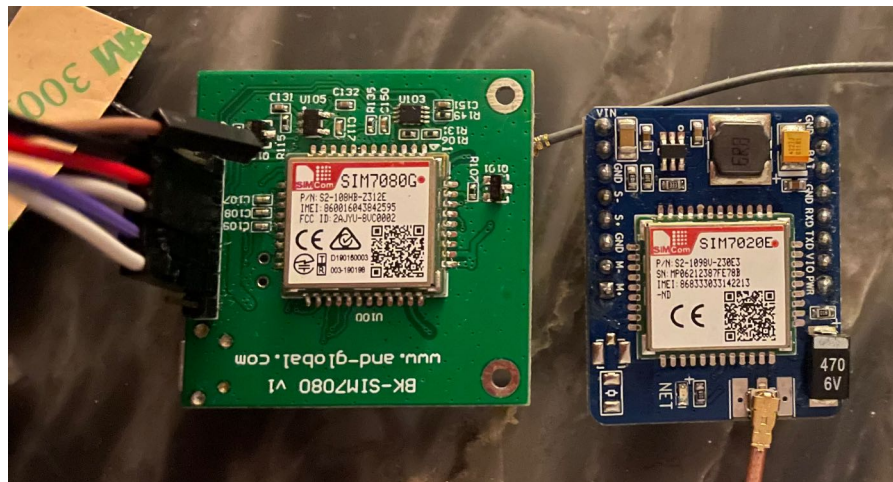


Casos de uso da rede 5G - Modem banda estreita para horto hidropónico



- DRAGINO NBSN95 Nodo sensor NBloT ~60 €
- DRAGINO SN50v3 Nodo sensor LoRaWAN ~60 €
- Sensores con conectores DIN compatibles cos nodos Dragino: prezos variados.
- SIM SIMBASE: 10€ tarxeta, 0,01€ por día activo, 0,005€ por MB.

Casos de uso da rede 5G - Modem banda estreita para electrónica embebida



- SIMCOM **SIM7080G** (modem NB-IoT con serial TTL/UART, GNSS/GPS e USB) ~20 €
- SIMCOM **SIM7020E** (modem NB-IoT de moi baixo consumo con serial TTL/UART similar ao mítico SIM800) ~10 €

Máis info de modems: https://youtu.be/v_DYmEJh2PQ

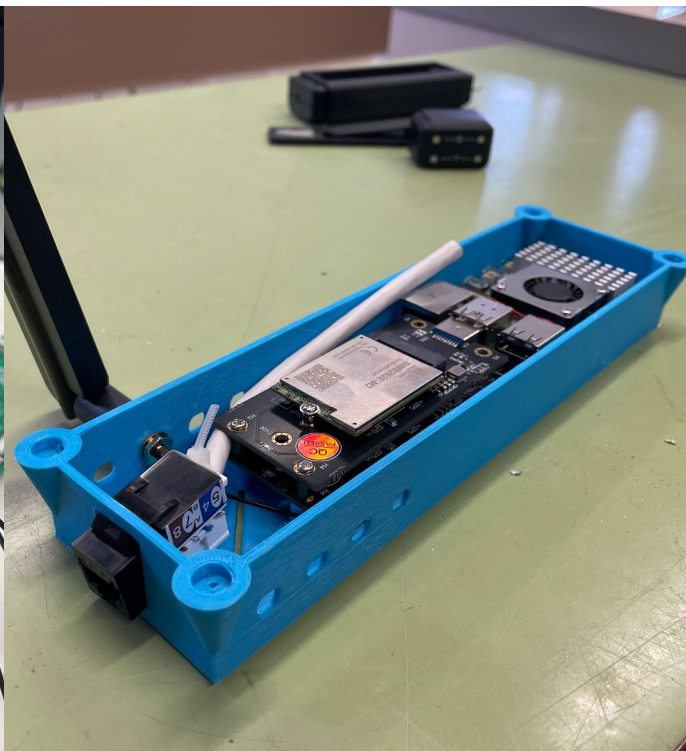
Casos de uso da rede 5G - Modem banda larga



Modem **banda larga baseado em 5G** (*slice eMBB: bw ↑, latencia ↓*): Raspberry Pi 5 como router:

- Sistema operativo [OpenMPTCProuter](#) baseado em OpenWRT
- 1x porto ethernet LAN
- 1x ponto de acesso Wi-Fi LAN usando módulo integrado.
- 2x modems 5G WAN. Load balancing usando OpenMPTCProuter e servidor na nube.
- Software típico de router: NAT masquerade nos modem, servidor DHCP...

Casos de uso da rede 5G - Modem banda larga



Casos de uso da rede 5G - Modem banda larga

Caso de uso: stream RTMP/SRT accesible en Internet.



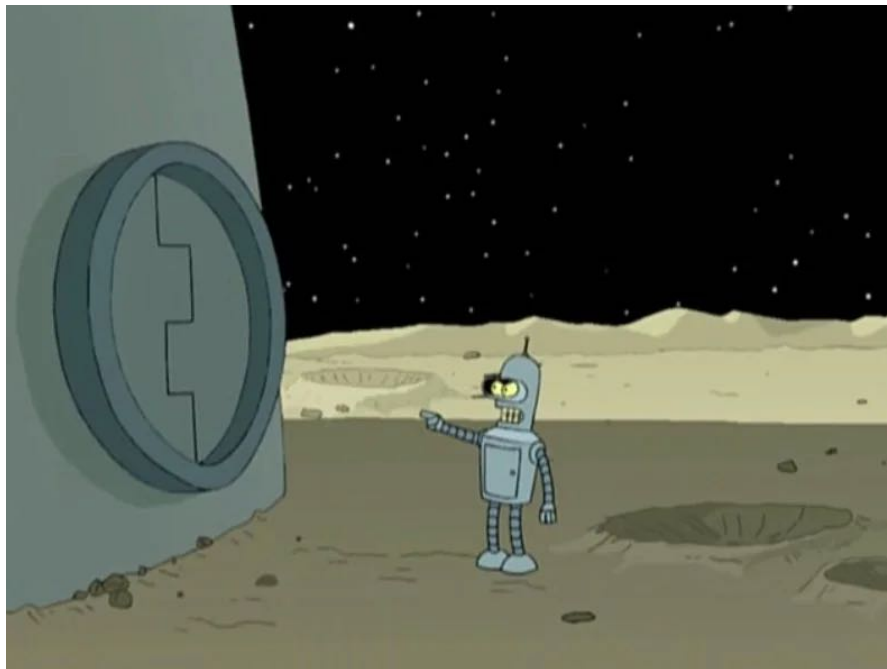
Casos de uso da rede 5G - Modem banda larga



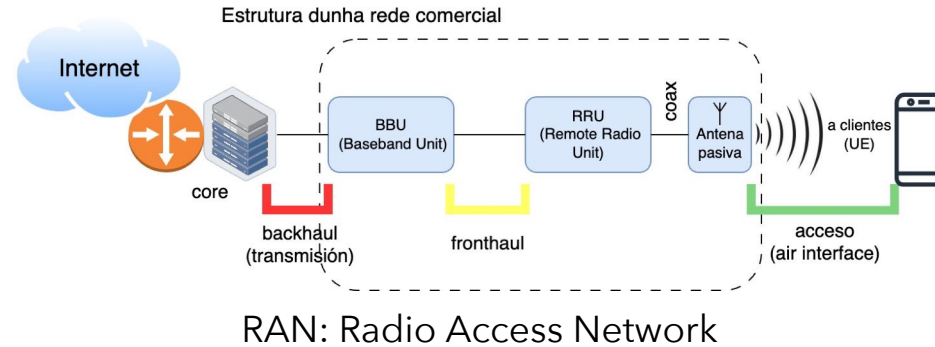
- Kit Raspberry Pi 5 ~150 €
- Modem SIMCOM SIM8200EA-M2 ~180 € (usáronse 2 neste montaxe)
- Adaptador mPCIe a USB3.0 ~10 € (usáronse 2 neste montaxe)
- Antenas SMA (macho) + latiguillos MHF4 a SMA (femia) ~20 €

Situación de partida

Volvamos ao principio... precisabamos unha rede móbil privada. O núcleo de rede ía ser Open5GS, pero faltaba a RAN (as "antenas").



Situación de partida



Cómo montar a RAN privada:

- Hardware comercial de **fabricantes establecidos** (Nokia, Ericsson, Huawei...)
- Hardware comercial de **fabricantes desconocidos** nesta parte do mundo (en USA hai **CBRS** 5G: Servicio de Radio de Banda Ancha Ciudadá). [Ver hardware compatible con Open5GS.](#)
- **Software Defined Radio (SDR)**: O software srsRAN permite simular torres de telefonía con hardware de 350 euros en diante.
- Simulalo totalmente con **software**: [UERANSIM.](#)

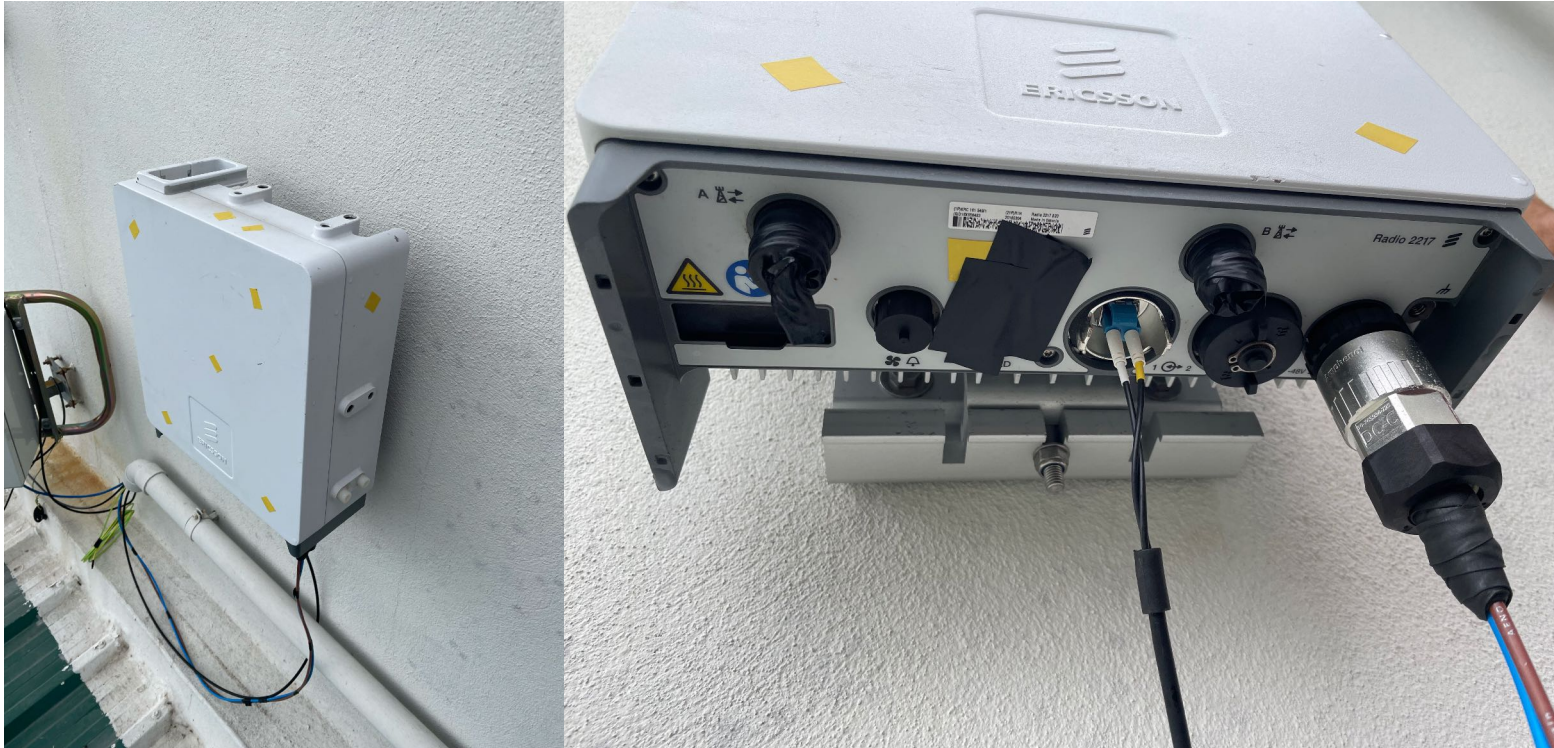
Arquitectura de rede móvil - Radio Access Network con Ericsson

Baseband BBU6630 (2G-5G) (aún sin éxito)



- Info: <https://danielrios.me/apuntes/2425ir5G/18/index.html>
- Vídeo: <https://youtu.be/qZT4dc1puHk>

Arquitectura de rede móbil - Radio Access Network con Ericsson



Arquitectura de red móvil - Radio Access Network con Ericsson

Mellor experiencia con Ericson DUS (2G-4G) (pero tamén sen éxito)



Arquitectura de rede móbil - Radio Access Network con Ericsson

A conexión de terminal (LMT: Local Maintenance Terminal) contén dúas conexións: unha 100-BASE-T e outra serial RS232:

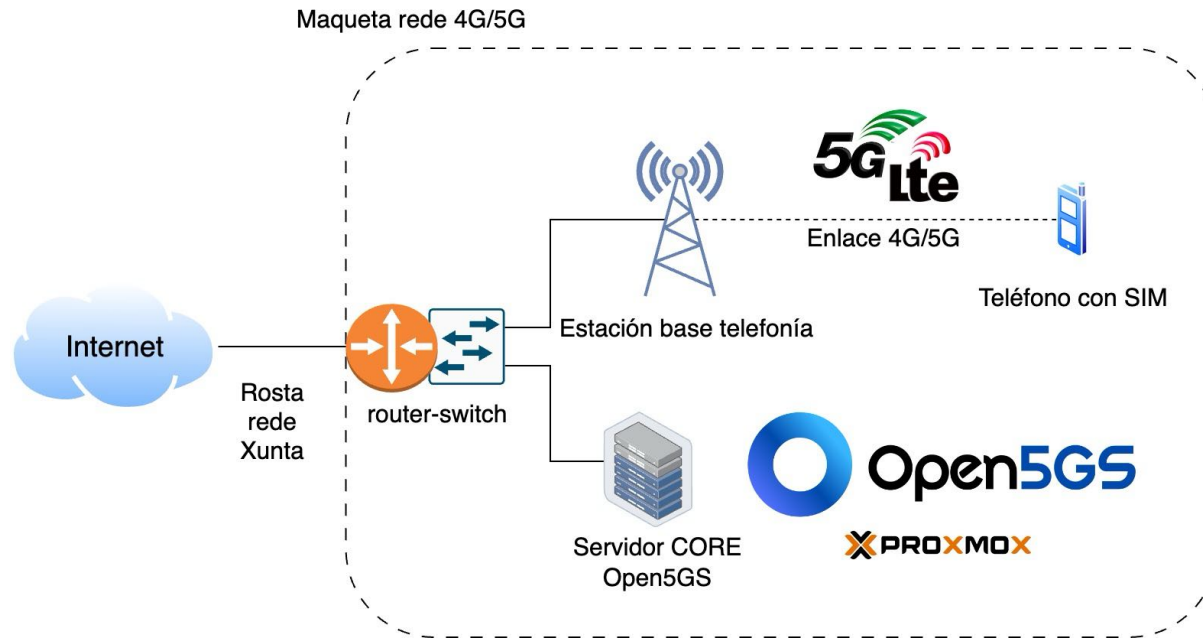


Arquitectura de red móvil - Radio Access Network con Baicells



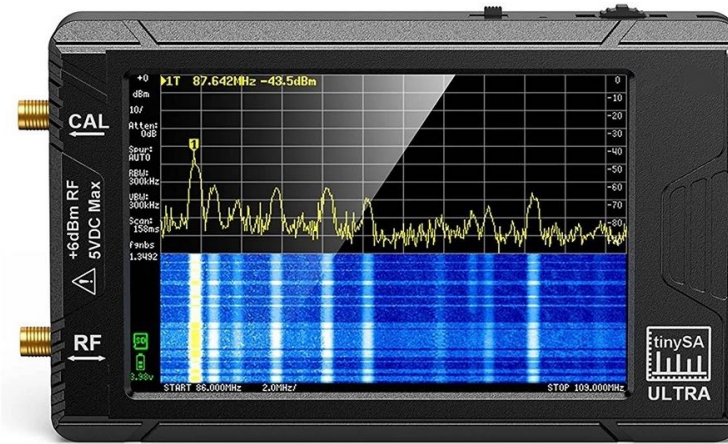
Arquitectura de rede móbil - Radio Access Network con Baicells

Funcionamento estable. Maqueta inicial (depende de conexión a Internet por ethernet, non ten AP Wi-Fi). Video configuración eNB/gNB: https://youtu.be/grL8FL3_HDo Vídeo servidor, eNB/gNB, torre, dron: <https://www.instagram.com/reel/DHj7vAMSoy5/>



Arquitectura de rede móbil - Radio Access Network con Baicells

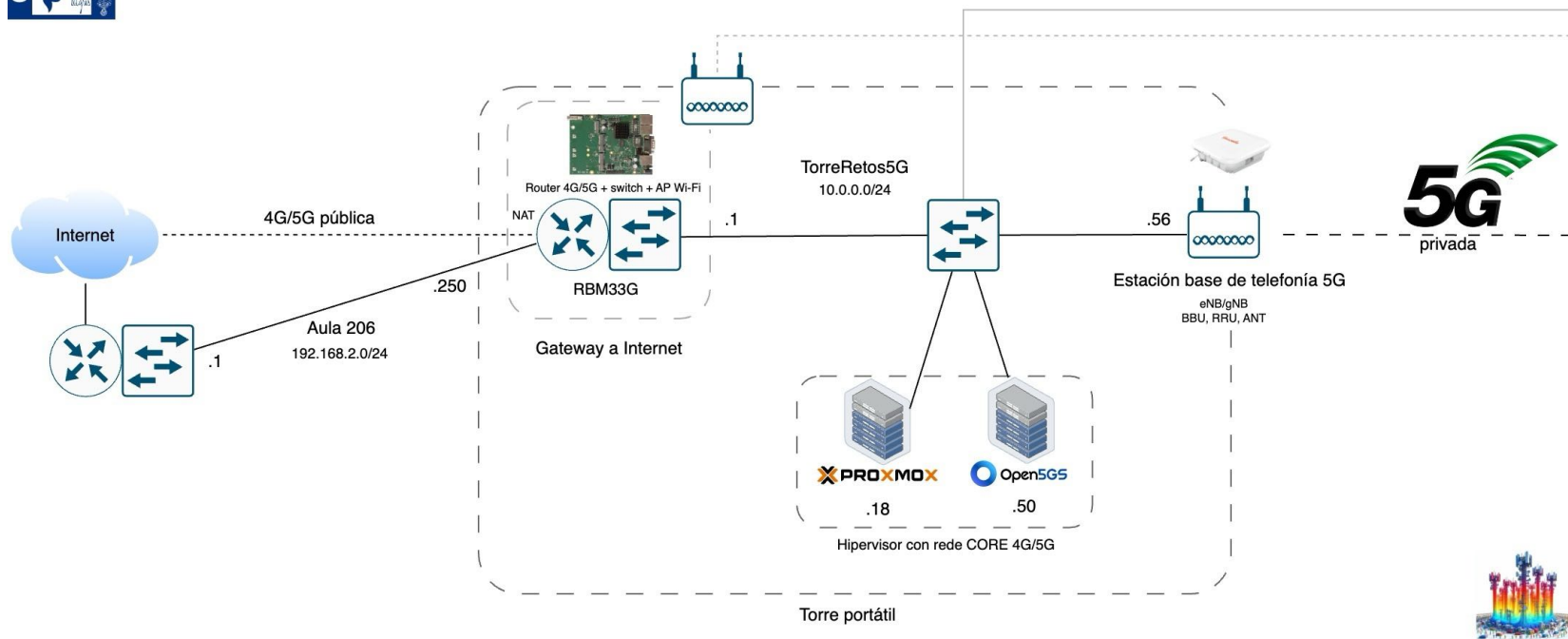
- Conexión a CORE (**backhaul**) → OK (fácil, o core non autentica ás eNB/gNB). **LED acendido**.
- Air interface 4G/5G (**fronthaul**) → en banda libre, por suposto:
 - Elixe banda+duplexado, BW, RFC... <https://danielrios.me/apuntes/2425ir5G/06b/index.html>.
 - Calculadora RFC (**Radio Frequency Channel**): https://www.sqimway.com/lte_band.php



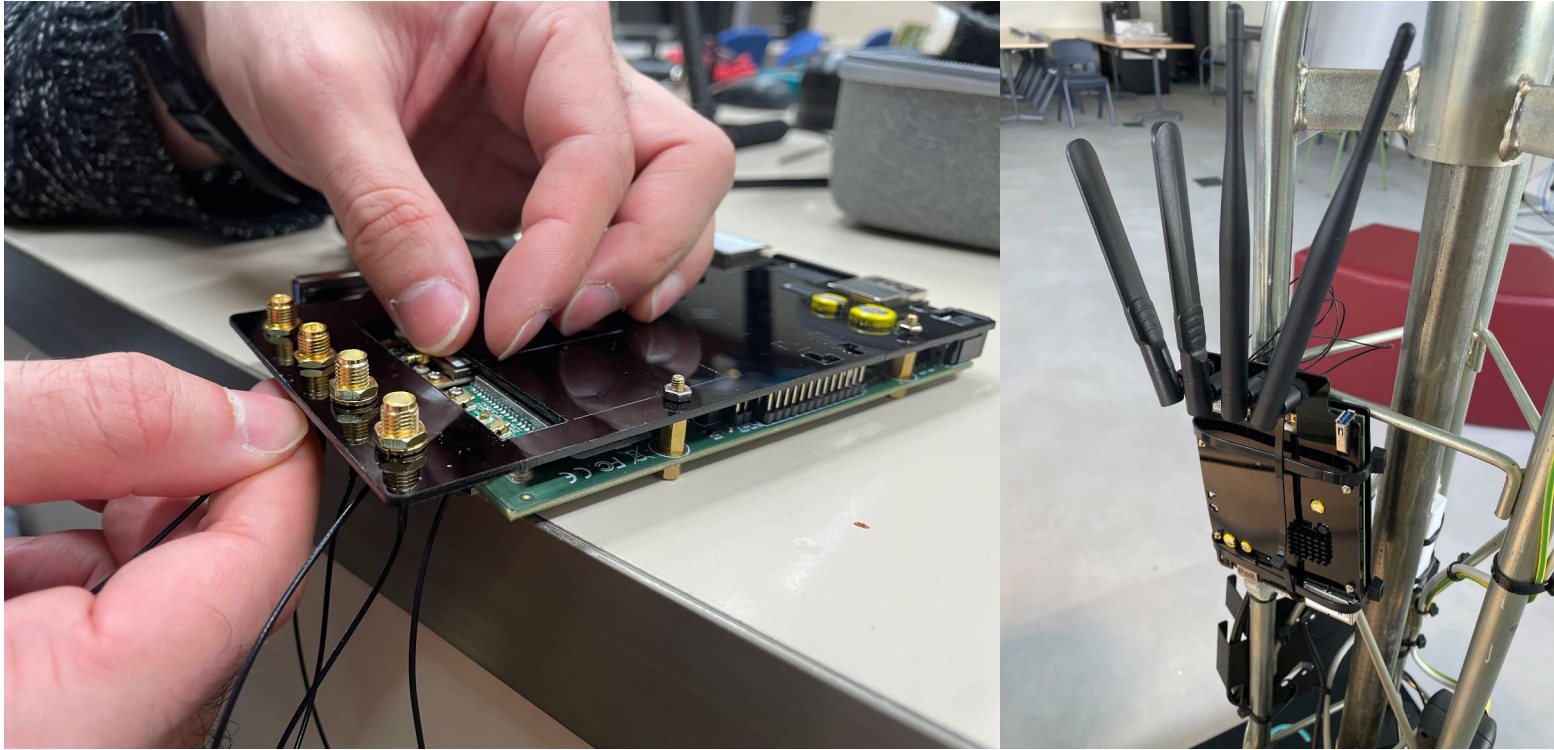
Arquitectura de red móvil - Radio Access Network con Baicells



IES Urbano LUGRÍS



Arquitectura de rede móbil - Radio Access Network con Baicells



Arquitectura de rede móbil - Radio Access Network con Baicells

- [Baicells NOVA227](#) ~250 €; [Baicells NEUTRINO226](#) / soportan diferentes bandas (véndense só con unha banda) ~200 €; Espera ~20 Mbps
- Servidor tipo "NUC" desde 250 €
- Tiny SA (ata 960 MHz): 150€. TinySA Ultra (ata 5.3 GHz): 300 €



Arquitectura de rede móbil - Radio Access Network con LimeSDR e USRP



Funcionamento intermitente. Software [srsRAN](https://github.com/srsran/srsRAN) permite simular torres de telefonía funcionais usando o frontend de placas SDR.



As tarxetas SIM

As tarxetas [SIM SYSMOCOM](https://www.sysmocom.com/) son gravables cun simple lector de DNle. Valen ~90€ o pack de 10 tarxetas. VIDEO modem: https://youtu.be/UluwVHtHt_s?si=kJ



Soportan VoIP, aínda que a configuración de Open5GS + Kamailio IMS para logralo é moi complexa.

Moitas gracias!!!

Achegádevos e remexede no material!

